

ВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВЫЕ ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ЧАСТИЦАМИ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Терентьев Д.С., Огнев А.Ю., Поляков И.А.

Руководитель – проф., к.т.н. Буров В.Г.

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Terentiev240485@mail.ru

В настоящее время в мире насчитывается около 400 фирм, производящих твердые сплавы. Большинство российских и иностранных компаний постоянно работают над повышением качества выпускаемой продукции. Основными способами повышения физико-механических свойств твердых сплавов являются: совершенствование технологии производства, получение сплавов с градиентной структурой, разработка износостойких покрытий, формирование сплавов с нанокристаллической структурой. Исследования, проведенные на кафедре материаловедения в машиностроении НГТУ, свидетельствуют о возможности повышения физико-механических свойств вольфрамокобальтовых твердых сплавов путем их модифицирования наноразмерными частицами карбида вольфрама. Добавление наноразмерных частиц эффективно проводить на стадии перемешивания порошков [1 - 3].

Твердосплавные смеси готовили из крупнозернистого (WC) и нанокристаллического (nWC) карбида вольфрама, синтезированных плазмохимическим методом. Средний размер частиц карбида вольфрама составил 10 мкм и 57 нм, соответственно. В качестве связки применяли кобальт (Co) со средним размером частиц - 58 мкм. Порошки перемешивали на планетарной мельнице *Fritsch pulverisette 6* в среде этилового спирта. Наилучшая однородность смесей была достигнута после 6 часов перемешивания с частотой вращения опорного диска мельницы – 300 об/мин. Химический состав смесей представлен в таблице 1.

Таблица 2.7 - Химический состав порошковых смесей

№ смеси	Массовая доля компонентов в порошковой смеси		
	WC	nWC	Co
1	92	-	8
2	91	1	8
3	89,5	2,5	8
4	87	5	8
5	84,5	7,5	8
6	82	10	8

Формирование порошковых компактов осуществляли одноосным прессованием в твердосплавной пресс-форме. Наилучшая прочность компактов была достигнута при давлении ~ 500 МПа и скорости прессования ~ 10 мм/мин. Жидкофазное спекание компактов проводили при температуре 1420°C и изотермической выдержке ~ 30 минут. Образец до (слева) и после жидкофазного спекания показан на рисунке 1 (а).

Диаграммы твердости, прочности при изгибе и при сжатии сплавов, содержащих наноразмерные частицы карбида вольфрама, показаны на рисунке 1 (б, в, г). Наибольшие показатели твердости HRA ($\sim 87,8$) достигнуты у сплава, содержащего 5 % по массе наночастиц карбида вольфрама. Максимальные значения предела прочности при изгибе ~ 1150 МПа и при сжатии ~ 3470 МПа были получены при испытании твердых сплавов, содержащих по массе 7,5 % и 2,5 % наночастиц, соответственно.

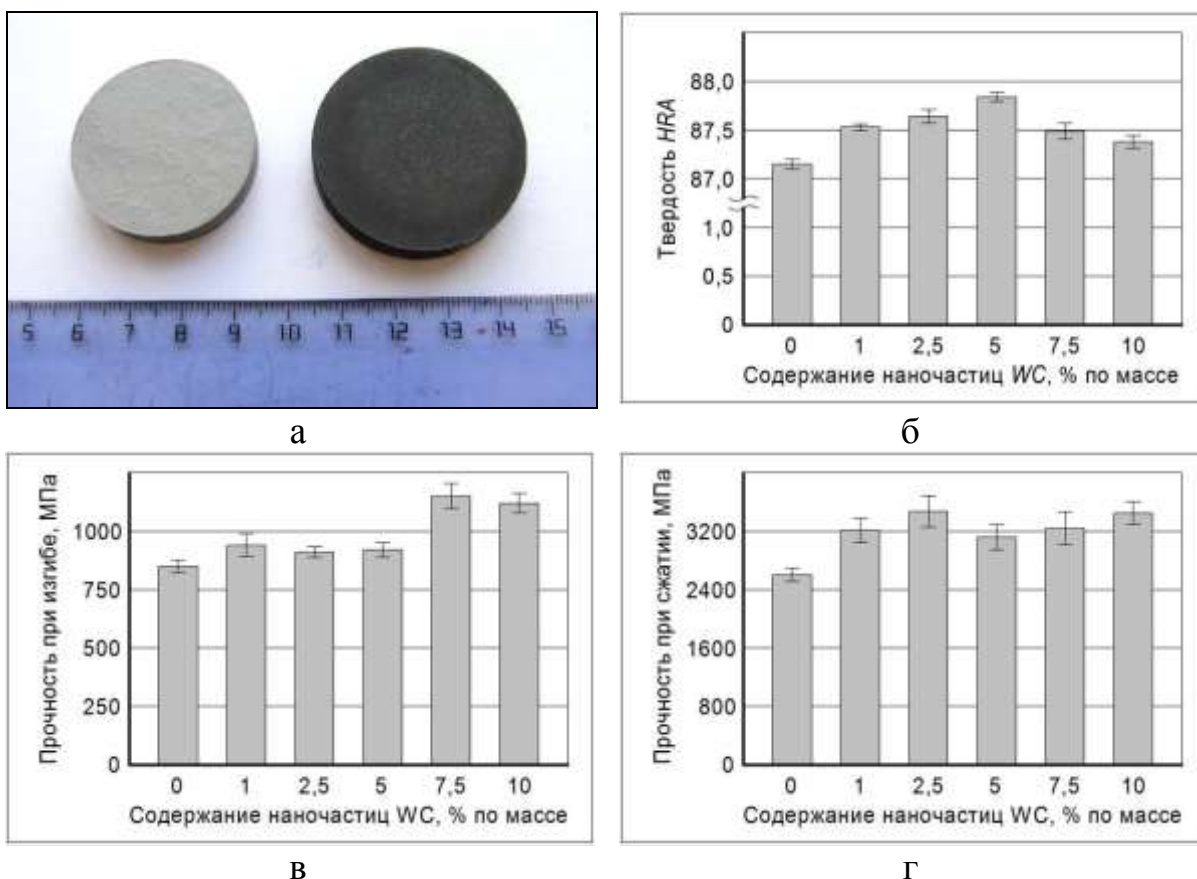


Рисунок 1. Физико-механические свойства твердых сплавов, содержащих различное количество наночастиц карбида вольфрама:

а - образец до (слева) и после жидкофазного спекания,

б, в, г - диаграммы твердости, прочности при изгибе и при сжатии

Микроструктура твердых сплавов показана на рисунке 2 (а, б). Сплавы, содержащие по массе 92 % WC + 8 % Co (рисунок 2, а), характеризовались не однородной структурой с размерами зерен карбида вольфрама от 5 до 15 мкм. Вокруг крупных зерен наблюдались скопления

более мелких зерен карбида вольфрама.

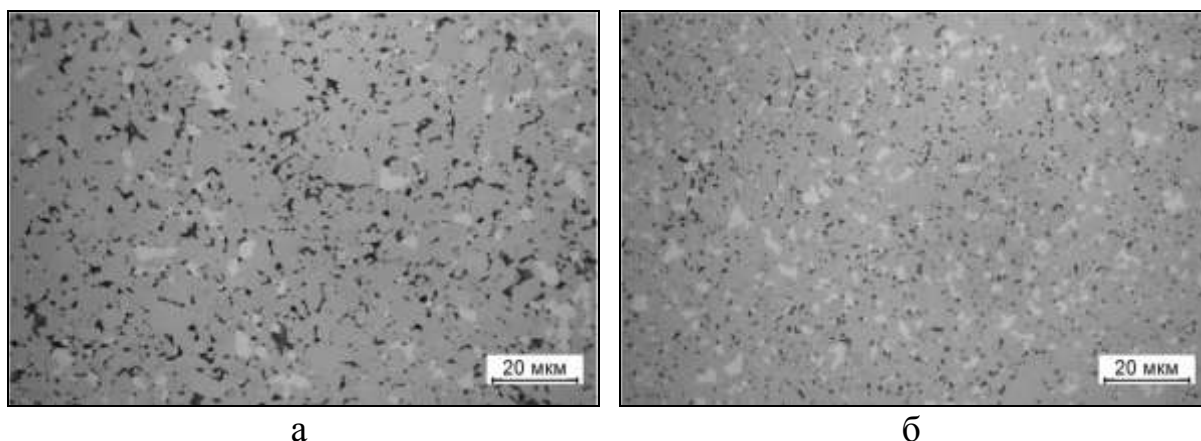


Рисунок 2. Микроструктура твердых сплавов, содержащих по массе:
а – 92 % WC + 8 % Co , б – 87 % WC + 5 % nWC + 8 % Co (травитель $FeCl_3$ + HCl)

Наличие наночастиц карбида вольфрама в порошковой смеси способствует формированию твердых сплавов с однородной и мелкозернистой структурой. Наилучшая однородность по зернистости достигается в сплаве, содержащем 5 % по массе наночастиц (рисунок 2, б). Минимальный размер зерен в структуре сплава составил ~ 500 нм, что значительно меньше зернистости исходного порошка карбида вольфрама.

Выводы

1. Добавление наночастиц карбида вольфрама при формировании вольфрамокобальтовых твердых сплавов изменяет условия жидкофазного спекания, способствуя повышению физико-механических свойств.
2. Повышение физико-механических свойств твердых сплавов происходит в основном за счет формирования более мелкозернистой и однородной структуры, с содержанием зерен размерами ~ 500 нм, которые отсутствуют в сплавах, изготовленных без наночастиц карбида вольфрама.

Используемые литературные источники:

1. Панов В. С.. Нанотехнологии в производстве твердых сплавов (Обзор) // Известия вузов. Цветная металлургия. 2007. № 2. С. 63-68.
2. Буров В. Г., Дробяз А. А., Терентьев Д. С. Формирование твердосплавных покрытий с наноразмерной карбидной фазой // Обработка металлов. 2010. № 3 (48). С. 37-38.
3. Лебедев М. П., Винокуров Г. Г., Кычкин А. К., Васильева М. И., Махарова С. Н., Сивцева А. В., Федоров М. В., Довгаль О. В. Влияние ультрадисперсных добавок на микроструктуру и свойства вольфрамокобальтовых сплавов рабочих элементов буровой техники // Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т. 12, № 1. С. 427-431.